

## Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik *Coix lacryma-jobi* (Jali)

Rony Irawanto <sup>1</sup>, Alia Damayanti <sup>2</sup>, Bieby Voijsant Tangahu <sup>2</sup>, Ipung Fitri Purwanti <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kebun Raya Purwodadi – LIPI

<sup>2</sup> Teknik Lingkungan – ITS

Jl. Gajayana 50, Malang, Indonesia

rony001@lipi.go.id

**Abstract:** Perkembangan pembangunan menyebabkan aktivitas manusia di berbagai sektor kehidupan. Kegiatan ini seringkali menghasilkan bahan pencemar yang berdampak terhadap lingkungan. Salah satu pencemaran yang serius adalah logam berat, karena bila terserap dan terakumulasi dalam tubuh manusia dapat mengganggu kesehatan dan menyebabkan kematian. Logam berat seperti Pb (timbal) dan Cd (kadmium) bersifat toksik dan merupakan pencemar di semua media lingkungan. Konsep yang melihat peran tumbuhan sebagai teknologi alami dalam ekosistem guna mengatasi permasalahan lingkungan dikenal dengan istilah Fitoteknologi. Jenis *Coix lacryma-jobi* (Jali) dipilih karena dijumpai di alam pada daerah riparian di hulu sungai yang kondisi saat ini dimungkinkan tercemar oleh logam berat dari aktivitas pertanian (pupuk dan pestisida) serta aktivitas lainnya. Pendekatan fitoteknologi ini yang digunakan dalam penelitian. Penelitian bertujuan mengetahui kemampuan tumbuhan akuatik *Coix lacryma-jobi* terhadap paparan logam berat Pb dan Cd, serta konsentrasi yang terdapat pada bagian tumbuhan sebagai metode dalam fitoforensik. Penelitian dilakukan di Teknik Lingkungan ITS selama Maret 2013 s/d Desember 2014. Parameter yang diamati berupa kandungan logam berat pada media tumbuhan (pasir dan air) serta bagian tumbuhan (akar, batang dan daun), dengan variasi jumlah tiga dan lima individu. Percobaan dilakukan di greenhouse TL-ITS dengan konsentrasi paparan Pb 10.000 ppm dan Cd 400 ppm, kemudian analisis kandungan logam Pb dan Cd di laboratorium LPPM-ITS menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Hasil penelitian menunjukan bahwa *Coix lacryma-jobi* termasuk tumbuhan akumulator dengan nilai translokasi faktor 1,07. Konsentrasi logam Pb yang ditemukan di akar 8.197 ppm, batang 242 ppm dan daun 274 ppm. Sedangkan konsentrasi logam Cd yang ditemukan pada akar 194 ppm, batang 4 ppm dan daun 6 ppm. Sehingga fitoforensik untuk logam Pb dan Cd pada tumbuhan jali terletak di akar.

**Keywords:** Tumbuhan Akuatik, Logam Berat, *Coix lacryma-jobi*, Fitoteknologi.

### 1. PENDAHULUAN

Semakin bertambahnya aktivitas manusia di berbagai sektor kehidupan karena perkembangan pembangunan, seringkali diiringi oleh peningkatan jumlah limbah pencemar yang masuk ke media lingkungan. Bahan pencemar seperti logam berat memiliki sifat toksik dan merupakan pencemar di semua media lingkungan. Salah satu logam berat adalah Pb (timbal) dan Cd (kadmium). Dimana permasalahan pencemaran logam berat mendapat perhatian yang serius, karena logam berat secara langsung ataupun tidak langsung akan sangat mempengaruhi kesehatan tubuh manusia dan mengakibatkan gangguan sistemik yang fatal, bahkan kematian. Bahan pencemar dapat masuk ke tubuh manusia melalui kontak dengan kulit, organ-

organ pernapasan maupun pencernaan. Oleh karena itu apabila pencemar tersebut tidak dikelola secara baik akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan, membahayakan bagi kesehatan dan kehidupan, baik manusia dan organisme yang ada didalamnya.

Disisi lain ancaman kelestarian keanekaragaman hayati, berupa penurunan populasi maupun jenis tumbuhan terus berlangsung, karena aktivitas manusia pula. Padahal keanekaragaman hayati yang dimiliki, khususnya kekayaan tumbuhan, masih sebagian kecil yang diketahui dan dimanfaatkan dalam kehidupan manusia. Sehingga perlu pelestarian keanekaragaman tumbuhan melalui upaya konservasi dan mengungkap potensinya.

Konsep yang memusatkan peran tumbuhan sebagai teknologi alami untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan dikenal dengan istilah

Fitoteknologi. Dalam tinjauan teknologi dan proses memperjelas fitoteknologi sebagai cara pendekatan berbasis alam dalam penyelesaian permasalahan lingkungan (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Fitoteknologi didasari pada kajian transformasi efek zat dalam ekotoksikologi. Sehingga perlu disikapi efek negatif zat sebagai penjagaan kesehatan dan keberlanjutan kehidupan (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009). Fitoteknologi dapat dikembangkan untuk fitostruktur, fitodrainase, fitoproteksi, fitoproses, fitoremediasi, fitomonitoring maupun fitoforensik terhadap pencemaran lingkungan (Irawanto, 2014). Oleh karena pencemar dari lingkungan dapat berpindah ke dalam jaringan tumbuhan, maka tumbuhan dapat digunakan sebagai indikator maupun akumulator terhadap pencemar. Menurut Sorek, dkk. (2008) dalam fitomonitoring, tumbuhan menjadi indikator untuk memetakan pencemaran lingkungan. Metode fitomonitoring ini dapat digunakan dalam penyelidikan permasalahan lingkungan yang merupakan pendekatan dalam fitoforensik (Burken, dkk., 2011).

Tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam berat dari media lingkungan (Irwan dkk., 2008). Percobaan terhadap daya serap tumbuhan secara alami terhadap konsentrasi Pb dan Cd adalah 8 mg/l (Neis dan Bittner, 1989). Pada daun konsentrasi toksisitas untuk Pb adalah 30-300 ppm dan Cd adalah 5-30 ppm (Alloway dan Ayres, 1997). Namun jenis tumbuhan yang dipergunakan dalam fitoteknologi lingkungan masih sangat terbatas. Sehingga jenis tumbuhan lokal dan liar di alam perlu dikonservasi dan digali kemampuannya terhadap pencemaran logam berat. Jenis tumbuhan *Coix lacryma-jobi* (Poaceae) dipilih karena jenis asli, tumbuhan lokal setempat, ditemukan tumbuh liar di alam dan belum banyak dibudidayakan (Irawanto, 2014). Tumbuhan akuatik yang berasal dari jenis lokal merupakan pilihan utama dalam fitoteknologi (UNEP, 2003; Ludwig, 2007). Jenis ini termasuk tumbuhan akuatik yang berhabitat di *wetland* (lahan basah). Kondisi dilapangan jenis ini ditemukan berada pada perairan riparian (hulu sungai) yang merupakan daerah pedesaan dan pertanian. Sehingga kemungkinan besar jenis ini pada habitatnya terpapar oleh pencemar logam berat di perairan karena limbah pertanian seperti pupuk kimia ataupun pestisida.

Tumbuhan *Coix lacryma-jobi* (jali) dikelompokkan dalam *emerged* dimana tumbuhan muncul di atas permukaan air namun akarnya berada dalam sedimen. Tumbuhan ini termasuk jenis baru dalam pemanfaatan fitoteknologi, karena belum banyak dilakukan penelitian dan referensi sebelumnya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan akuatik *Coix lacryma-jobi* terhadap paparan logam berat Pb

dan Cd, serta konsentrasi yang terdapat pada bagian tumbuhan sebagai pendekatan dalam fitoforensik. Penelitian ini menarik untuk dilakukan dan sejalan dengan upaya konservasi tumbuhan. Informasi yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi dasar dalam penelitian fitoteknologi dan pengembangan konservasi tumbuhan akuatik kedepan serta menambah khasanah ilmu pengetahuan mengenai potensi keanekaragaman tumbuhan Indonesia.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium. Penelitian dilakukan di Teknik Lingkungan ITS selama Maret s/d Desember 2014. Parameter yang diamati berupa kandungan logam berat pada media tumbuhan (pasir dan air) serta bagian tumbuhan (akar, batang dan daun), dengan variasi jumlah tiga dan lima individu. Percobaan dilakukan di *greenhouse* TL-ITS dengan konsentrasi paparan Pb 10.000 ppm dan Cd 400 ppm, kemudian analisis kandungan logam Pb dan Cd di laboratorium LPPM-ITS menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

### 2.1. Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan sangat penting dalam melakukan penelitian, baik di lapangan maupun laboratorium. Peralatan lapangan di *greenhouse* antara lain: Bak plastik persegi panjang dengan kapasitas 10 Liter, berdimensi panjang 30 cm, lebar 25 cm dan tinggi 10 cm. Bak digunakan untuk media semai maupun media tanam; Timbangan untuk mengukur berat media tanam yang digunakan; Skop/cetok untuk mencampur dan mengambil media tanam; dan Gunting stek untuk melakukan perbanyakan tumbuhan.

Sedangkan peralatan laboratorium berupa: Alat kaca (*glassware*) seperti gelas ukur 100 ml, pipet volumetrik 10 ml, beaker gelas 500 ml, dan labu ukur 1000 ml, untuk pembuatan larutan induk; Botol-botol kaca berukuran 500 ml, 150 ml, dan 50 ml sebagai tempat larutan; Neraca analitik, untuk menimbang bahan yang akan digunakan; Oven, digunakan untuk mengeringkan tumbuhan; Blender, digunakan untuk menghaluskan bagian tumbuhan yang telah dikeringkan; Pakaian jas laboratorium, sarung tangan dan masker untuk keselamatan dalam bekerja.

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, adalah material tumbuhan berupa bibit *Coix lacryma-jobi* (jali) yang diperoleh dari Kebun Raya Purwodadi secara generatif (biji); Limbah/ pencemar buatan berupa logam berat dari larutan induk Pb dan Cd. Larutan induk dibuat dari senyawa Timbal

Nitrat/  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  (Merck 7398) dan Kadmium Sulfat Hidrat/  $\text{Cd}_3\text{O}_{12}\text{S}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (Merck 2027); Aquadest untuk melakukan pengenceran dalam pembuatan konsentrasi larutan logam berat Pb dan Cd; Media tanam yang digunakan berupa pasir dan air. Pasir yang digunakan adalah pasir Lumajang dengan berat 5 kg tiap bak dan pemberian air (kran/PDAM kampus) sebanyak 2 Liter tiap bak; dan Pemberian nutrisi (pupuk NPK) untuk menjaga kelangsungan hidup tumbuhan sejumlah 10 gram/Liter setiap 30 hari sekali, selama proses pertumbuhan, sebelum perlakuan pemaparan logam Pb dan Cd.

## 2.2. Cara Kerja

Penelitian dilakukan dengan ulangan dua kali / duplo. Pemaparan logam berat Pb dan Cd dilakukan dengan menambahkan larutan logam berat ke dalam media tanam pada masing-masing bak perlakuan dengan variasi jumlah tumbuhan berupa 3 individu dan 5 individu tumbuhan. Pengambilan sampel setiap 5 hari sekali selama 15 hari, yaitu: pengambilan pertama (1) hari ke-5, pengambilan kedua (2) hari ke-10, dan pengambilan ketiga (3) hari ke-15. Sehingga untuk penelitian jenis *Coix lacryma-jobi* (jali) diperlukan 24 bak perlakuan dan 4 bak kontrol, dengan bibit sejumlah 112 bibit. Skema percobaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan paparan *Coix lacryma-jobi*

Bak Perlakuan	Sampel1	Sampel2	Sampel3
<b>Zat Pb</b>			
3 individu (a) ulangan1	Pb 1a	Pb 2a	Pb 3a
5 individu (b) ulangan1	Pb 1b	Pb 2b	Pb 3b
3 individu (c) ulangan2	Pb 1c	Pb 2c	Pb 3c
5 individu (d) ulangan2	Pb 1d	Pb 2d	Pb 3d
<b>Zat Cd</b>			
3 individu (a) ulangan1	Cd 1a	Cd 2a	Cd 3a
5 individu (b) ulangan1	Cd 1b	Cd 2b	Cd 3b
3 individu (c) ulangan2	Cd 1c	Cd 2c	Cd 3c
5 individu (d) ulangan2	Cd 1d	Cd 2d	Cd 3d
<b>Bak Kontrol</b>			
Tanpa Zat Pb / Cd			
3 individu (a) ulangan1		0a	
5 individu (b) ulangan1		0b	
3 individu (c) ulangan2		0c	
5 individu (d) ulangan2		0d	

Parameter morfologi selama pemaparan yang diamati berupa tinggi tumbuhan dan perubahan yang terjadi. Pengukuran berat basah tumbuhan dilakukan saat pengambilan sampel tumbuhan dari media tanam, lalu dibersihkan untuk menghilangkan pasir yang menempel pada permukaan tumbuhan,

selanjutnya dikering anginkan untuk menghilangkan air yang masih ada, kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik. Sedangkan pengukuran berat kering dilakukan dengan mengeringkan tumbuhan dalam oven selama 6 hari dengan suhu  $105^\circ\text{C}$ , kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik. Setelah kering bagian tumbuhan dihaluskan dengan ditumbuk ataupun diblender sampai tercampur secara homogen. Kemudian diambil 1 gram untuk dilakukan preparasi menjadi larutan. Dari sampel yang diambil ditambahkan dengan  $\text{HNO}_3$  pekat: 3 mL, lalu tambahkan aquadest: 10 mL. Kemudian dipanaskan hingga campuran larutan kering. Setelah kering ditambahkan lagi dengan 3 mL  $\text{HNO}_3$  pekat dan 10 mL aquadest. Kemudian disaring dan diencerkan larutan dalam labu ukur 25 mL. Larutan sampel uji siap dianalisa menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*).

Cara uji logam berat dengan AAS sesuai SNI. Uji Pb mengacu SNI 6989.8:2009. Metode ini digunakan untuk penentuan logam Pb total dan terlarut dalam air dan air limbah secara AAS-nyala pada panjang gelombang 283,3 nm. Sedangkan uji Cd mengacu SNI 6989.16:2009. Metode ini digunakan untuk penentuan logam Cd total dan terlarut dalam air dan air limbah secara AAS-nyala pada panjang gelombang 228,8 nm. Data yang diperoleh, kemudian dianalisis dan disajikan dalam uraian maupun dalam bentuk Tabel atau Gambar.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Tumbuhan *Coix lacryma-jobi*

**Spesies:** *Coix lacryma-jobi* Linn. Dengan sinonim: *Coix lacryma* L.; *Coix agrestis* Lour.; *Coix arundinacea* Lamk.; *C. aquatica* Roxb.; *C. mayuen* Rumph.; *C. monilifer* Walt.; *C. ouwehandii* K.D.S.; *C. palusiris* K. D.S.; *Lithagrostis lacryma*; *Lithagrostis lacryma-jobi*; *Coix ovate* Stokes; *Coix pendula*; *Coix exaltata*; *Sphaerium lacryma*.

Nama Lokal: Indonesia: Jali; Malaysia: Jelai, Jelai pulut, Menjelai, Pit-pit grass, Rumput jelai; Filipina: Adlay, Kaudlasan; Laos: Duai, Deuy; Kamboja: Skuoy; Cina: Da Wan Si, Yi Yi Ren, Ye me ren, Chuan gu, Shan yi mi; Jepang: Hatomugi, Juzudama; India: Gavethu, Jargadi (Sanskrit); Sankru (Hindi); Arab: Damu Daud, Damu Ayub, Adlay millet; Jerman: Hiobstränengras, Hiobsträne, Hoibstrane; Swedia: Mtasubihu, Jobs tårar; Italia: Lacrima di Giobbe, Lacrime di Gesù; Perancis: Larmes-de-Job, Larmilles, Herbe à chapelets; Inggris: Job's tears, Adlay.

Fitografi: Rumput, annual, merumpun banyak, tegak, bercabang kuat, tinggi 1,5 m hingga mencapai

3 m. Batang besar padat, buluh terisi dengan empulur, bercabang pada bagian atasnya. Batang bulat, lunak, bergabus, beruas-ruas, licin, hijau kekuningan. Daun tunggal, besar, lebar dan berpelelepah, tepi berbulu halus, helaian daun memita sampai membundar telur-melanset, tepi daun kasar, halus atau kasap permukaan atasnya. Daun panjang 30-45 cm / 10-50 cm dan lebar 2-5 cm / 3-5 cm, ujung runcing, pangkal tumpul, tepi rata, kasap, hijau. Perbungaan dengan bunga betina bertumpuk, bunga jantan seakan tumbuh dari bunga betina yang teratas, bunga betina dikelilingi sebuah daun pelindung. Perbungaan di ketiak daun paling atas, putih atau kebiruan, mengandung 2 tandan; tandan betina mengandung buliran yang duduk, buliran dengan 1 floret, tandan jantan dengan 10 buliran yang menyirap dan muncul berpasangan atau tiga-tiga, satu mempunyai gantilan lainnya duduk; buliran melanset sampai menjorong, mengandung 1-2 floret. Bunga majemuk, bentuk bulir, kelopak bersegi tiga, hijau kekuningan, benang sari coklat, pangkal putik putih, ujung putih kecoklatan, hijau. Buah bervariasi dalam ukuran, bentuk, warna dan kekerasannya, diameter  $\pm 1$  cm, berbentuk air mata 8 mm, sebesar 1,1 cm, halus, mengkilap, seperti manik (5-15 mm x 6-10 mm) biasanya menjadi keras saat matang. Buah berwarna putih, abu-abu kebiruan, coklat keabu-abuan, kuning, oranye, kemerahan atau kehitaman. biasanya masih muda hijau kekuningan setelah tua ungu keputih-putihan. Buah lunak atau keras, berisi jali. Jali berwarna merah tua untuk yang berkulit keras, atau merah muda untuk yang berkulit lunak. Akar serabut, putih kecoklatan (Koh, dkk., 2009; Mansfeld's, 2001; Dalimartha, 2008; Backer dan Bakhaizen, 1963; Grubben dan Partohardjono, 1996; Anonim, 1995). Habitus koleksi tumbuhan *Coix lacryma-jobi* dan gambar botani dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tumbuhan *Acanthus ilicifolius*  
(koleksi hidup dan ilustrasi)

Fitogeografi: Asal usul jali tidak diketahui dengan pasti, tetapi asli Asia tropis, diduga dari Asia bagian selatan dan bagian timur. Buah yang berkulit lunak (var. *ma-yuen*) telah dibudidayakan di India dan China, saat ini sebagai tanaman pertanian biji-bijian minor, di Filipina, Thailand, Malaysia dan

daerah Mediterranea. Jenis liar dengan buah yang berkulit keras terkadang dibudidayakan dan tersebar luas di seluruh daerah tropis dan sub-tropis di dunia (Koh, dkk., 2009; Backer dan Bakhaizen, 1963; Grubben dan Partohardjono, 1996).

Habitat: Jali ditemukan dari permukaan laut sampai pada ketinggian 2000 m dpl. Jali dapat tumbuh di dataran tinggi maupun dataran rendah (Nurmala, 1998), dan toleran terhadap suhu dingin, tanah asam ataupun basa (Rahmawati, 2003). Jali beradaptasi pada daerah tropis kering dengan suhu sekitar 25-35°C. Penyebaran di Jawa, 1-1000 m dpl. Seringkali juga ditemukan tumbuh meliar di daerah-daerah payau, rawa, sepanjang sungai, daerah lahan basah dan saluran air pinggir jalan. Di Afrika sering dijumpai pada daerah pedesaan dan tegalan yang ditinggalkan (Grubben dan Partohardjono, 1996; Anonim, 1995).

### 3.2. Kemampuan Akumulasi Logam

Semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Penyerapan logam berat ditentukan oleh tipe jaringan dan perlakuan yang diberikan (Knox dkk., 2000). Sehingga yang paling menentukan adalah jenis tumbuhan. Sejumlah tumbuhan terbukti memiliki sifat hiperakumulasi, yakni mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator (Hidayati, 2005). Sifat hiperakumulator dapat digunakan untuk tujuan fitoekstraksi. Dalam proses fitoekstraksi ini logam berat diserap oleh akar tumbuhan dan ditranslokasikan ke bagian tumbuhan untuk disimpan, diolah atau dibuang saat dipanen. Kemampuan *Coix lacryma-jobi* terhadap paparan logam (Pb dan Cd) dapat diketahui dari nilai TF (*Translocation Factor*). TF dihitung untuk mengetahui translokasi pencemar logam berat yang masuk ke bagian tumbuhan dari tanah ke akar ataupun ke bagian lain di tumbuhan (Barman dkk., 2000). Nilai TF > 1 menunjukkan bahwa tumbuhan mentranslokasikan pencemar dengan efektif dari tanah ke akar (Baker dan Brooks, 1989). Menurut Singh dkk., (2010) persamaan dari TF sebagai berikut:

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi logam di bagian tumbuhan}}{\text{Konsentrasi logam di tanah atau di akar}} \dots \dots \dots (1)$$

Hasil perhitungan, didapatkan bahwa jali memiliki nilai TF > 1, seperti pada Tabel 2. Sedangkan kandungan logam berat pada media tanam dan bagian tumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3.



Tabel 2. Perhitungan TF Pada *Coix lacryma-jobi*

Jenis Tumbuhan	Nilai TF		
Pb pada 3 individu	1,055		
Pb pada 5 individu	1,061		
Cd pada 3 individu	1,075		
Cd pada 5 individu	1,032		

Tabel 3. Kandungan logam berat Pb dan Cd pada media dan bagian tumbuhan *Coix lacryma-jobi*.

3i	Pb 1a	Pb 1c	5 Hari
Air	87,000	97,000	92,000
Tanah	144,400	185,700	165,050
Daun	115,500	317,000	216,250
Batang	61,000	59,000	60,000
Akar	4.206,750	4.559,500	4.383,125
	<b>4.614,650</b>	<b>5.218,200</b>	<b>4.916,425</b>

3i	Pb 2a	Pb 2c	10 Hari
Air	82,000	67,000	74,500
Tanah	390,800	312,300	351,550
Daun	78,500	193,000	135,750
Batang	170,500	44,000	107,250
Akar	7.893,250	5.964,500	6.928,875
	<b>8.615,050</b>	<b>6.580,800</b>	<b>7.597,925</b>

3i	Pb 3a	Pb 3c	15 Hari
Air	101,000	74,000	87,500
Tanah	530,200	363,300	446,750
Daun	393,000	108,500	250,750
Batang	223,000	75,500	149,250
Akar	8.914,250	5.557,250	7.235,750
	<b>10.161,450</b>	<b>6.178,550</b>	<b>8.170,000</b>

5i	Pb 1b	Pb 1d	5 Hari
Air	93,000	96,000	94,500
Tanah	167,000	222,000	194,500
Daun	175,000	92,500	133,750
Batang	96,500	68,750	82,625
Akar	4.241,250	7.775,500	6.008,375
	<b>4.772,750</b>	<b>8.254,750</b>	<b>6.513,750</b>

5i	Pb 2b	Pb 2d	10 Hari
Air	96,000	39,000	67,500
Tanah	481,100	229,800	355,450
Daun	106,750	442,250	274,500
Batang	97,250	158,750	128,000
Akar	8.119,000	8.276,250	8.197,625
	<b>8.900,100</b>	<b>9.146,050</b>	<b>9.023,075</b>

5i	Pb 3b	Pb 3d	15 Hari
Air	84,000	79,000	81,500

Tanah	312,300	390,800	351,550
Daun	334,000	82,250	208,125
Batang	353,750	132,000	242,875
Akar	8.992,750	5.743,750	7.368,250
	<b>10.076,800</b>	<b>6.427,800</b>	<b>8.252,300</b>

3i	Cd 1a	Cd 1c	5 Hari
Air	7,600	8,100	7,850
Tanah	2,370	1,090	1,730
Daun	3,425	6,825	5,125
Batang	2,300	2,000	2,150
Akar	88,100	8,475	48,288
	<b>103,795</b>	<b>26,490</b>	<b>65,143</b>

3i	Cd 2a	Cd 2c	10 Hari
Air	6,100	8,300	7,200
Tanah	3,710	3,770	3,740
Daun	8,050	5,400	6,725
Batang	5,625	3,025	4,325
Akar	171,950	177,925	174,938
	<b>195,435</b>	<b>198,420</b>	<b>196,928</b>

3i	Cd 3a	Cd 3c	15 Hari
Air	3,600	4,200	3,900
Tanah	3,350	3,740	3,545
Daun	8,025	5,600	6,813
Batang	4,625	1,475	3,050
Akar	140,050	121,300	130,675
	<b>159,650</b>	<b>136,315</b>	<b>147,983</b>

5i	Cd 1b	Cd 1d	5 Hari
Air	8,900	2,500	5,700
Tanah	2,180	2,810	2,495
Daun	2,575	3,750	3,163
Batang	4,800	1,075	2,938
Akar	139,425	143,150	141,288
	<b>157,880</b>	<b>153,285</b>	<b>155,583</b>

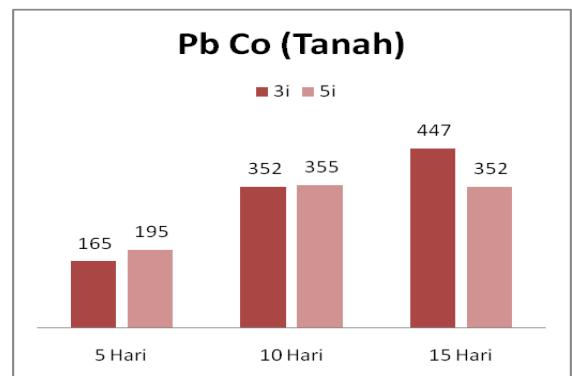
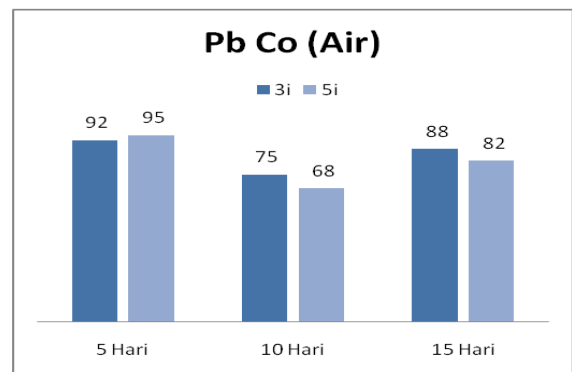
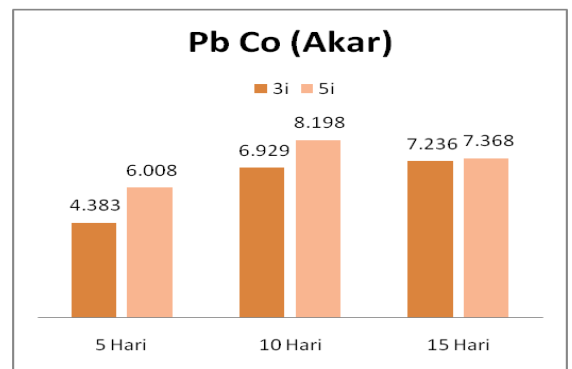
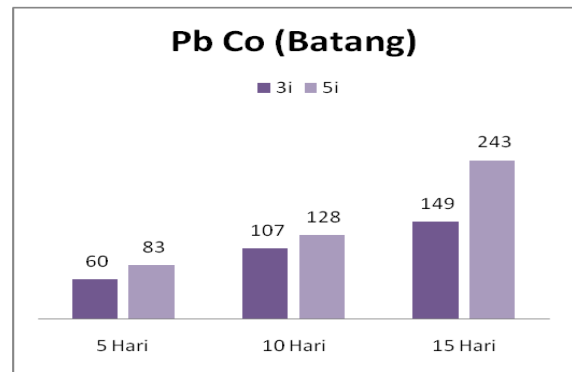
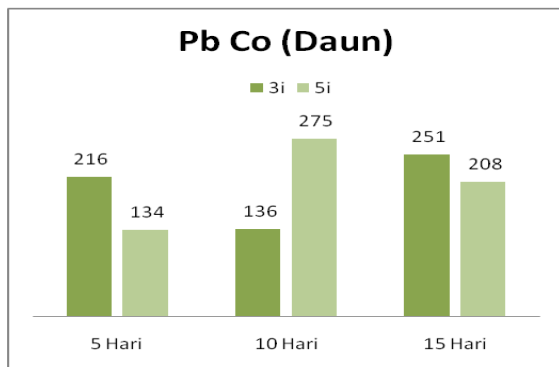
5i	Cd 2b	Cd 2d	10 Hari
Air	3,300	0,500	1,900
Tanah	7,890	2,810	5,350
Daun	6,650	29,700	18,175
Batang	1,050	0,900	0,975
Akar	228,925	159,300	194,113
	<b>247,815</b>	<b>193,210</b>	<b>220,513</b>

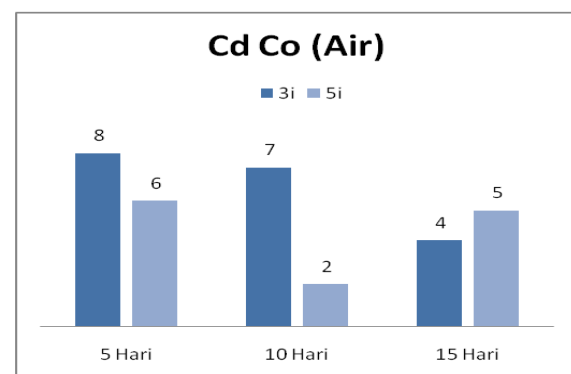
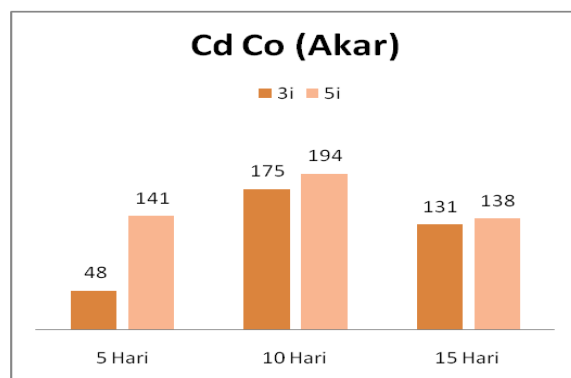
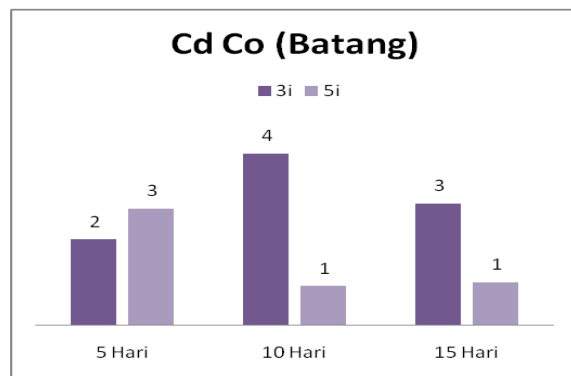
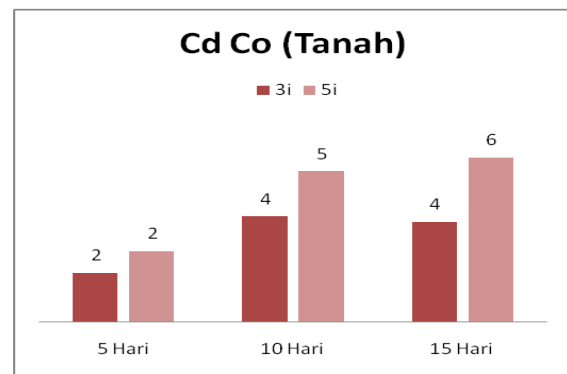
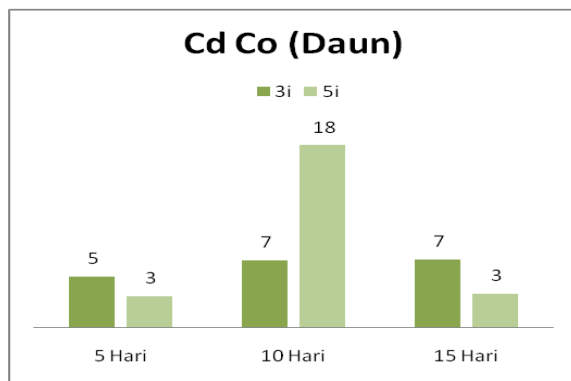
5i	Cd 3b	Cd 3d	15 Hari
Air	5,200	5,300	5,250
Tanah	9,190	2,490	5,840
Daun	4,175	2,625	3,400
Batang	1,700	0,450	1,075
Akar	134,250	142,400	138,325
	<b>154,515</b>	<b>153,265</b>	<b>153,890</b>



3i	Pb 0a	Pb 0c	Kontrol
Air	0,001	0,001	0,001
Tanah	0,240	0,220	0,230
Daun	0,450	0,440	0,445
Batang	0,210	0,400	0,305
Akar	0,250	0,280	0,265
	<b>1,151</b>	<b>1,341</b>	<b>1,246</b>
5i	Pb 0b	Pb 0d	Kontrol
Air	0,001	0,001	0,001
Tanah	0,210	0,260	0,235
Daun	0,300	0,470	0,385
Batang	0,340	0,230	0,285
Akar	0,280	0,290	0,285
	<b>1,131</b>	<b>1,251</b>	<b>1,191</b>
3i	Cd 0a	Cd 0c	Kontrol
Air	0,001	0,001	0,001
Tanah	0,001	0,001	0,001
Daun	1,250	0,030	0,640
Batang	0,001	0,001	0,001
Akar	1,680	0,050	0,865
	<b>2,933</b>	<b>0,083</b>	<b>1,508</b>
5i	Cd 0b	Cd 0d	Kontrol
Air	0,001	0,001	0,001
Tanah	0,001	0,001	0,001
Daun	0,009	0,010	0,010
Batang	0,750	0,001	0,376
Akar	0,001	0,040	0,021
	<b>0,762</b>	<b>0,053</b>	<b>0,408</b>

Dari Tabel 3 tersebut diatas nilai rerataan pada setiap sampel uji Pb dan Cd dibuat dalam grafik untuk memudahkan pemahaman, seperti pada Gambar 2.





Gambar 2. Grafik konsentrasi logam berat pada media (air dan tanah) dan bagian tumbuhan *Acanthus ilicifolius* (akar, batang dan daun).

Terlihat konsentrasi akumulasi logam Pb dan Cd tinggi berada pada bagian akar tumbuhan. Hal ini berhubungan dengan konsentrasi pada media tanam yang juga tinggi pada pasir. Pada media menunjukkan bahwa sifat logam berat lebih cenderung mengendap. Sehingga dapat dijelaskan dari limbah pencemar yang dipaparkan berupa larutan (cair), selanjutnya mengalami pengendapan di media tanam (pasir), kemudian dari media tersebut pencemar diserap/diakumulasi oleh tumbuhan melalui akar dan ditranslokasikan ke dalam tumbuhan melalui batang sampai ke daun.

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan terjadi pada 3 proses: 1. Penyerapan oleh akar; 2. Translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan; dan 3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan (Hardiani, 2009). Meskipun demikian respon tumbuhan terhadap logam berat untuk setiap jenis tumbuhan sangat beragam dalam kemampuan tumbuhan toleran ataupun tidak toleran terhadap keracunan unsur logam (Salsibury dan Ross, 1995). Tumbuhan memiliki 3 strategi dasar untuk tumbuh pada media yang tercemar logam berat, yaitu: 1. *Metal excluder*, tumbuhan mencegah masuknya logam dari bagian aerial atau menjaga agar konsentrasi logam tetap rendah dalam tanah; 2. *Metal indicator*, tumbuhan mentoleransi keberadaan konsentrasi logam dengan menghasilkan senyawa pengikat logam atau mengubah susunan logam dengan menyimpan logam pada bagian yang tidak sensitif; 3. *Metal accumulator*, tumbuhan mengkonsentrat konsentrasi logam yang tinggi pada bagian aerial tumbuhan, tumbuhan ini menyerap kadar kontaminan yang tinggi dan diendapkan dalam akar, batang, daun atau tunas (Raskin, dkk., 1994).

Proses penyerapan logam berat Pb dan Cd yang dilakukan oleh akar disebut dengan rhizofiltrasi. Rhizofiltrasi merupakan proses dimana akar

tumbuhan mengabsorpsi, mengkonsentrasi dan mempresipitasi logam dari lingkungan yang terkontaminasi. Tumbuhan mengeluarkan senyawa organik dan enzim melalui akar yang disebut eksudat akar. Sehingga daerah rhizosfer merupakan lingkungan yang sangat baik untuk tempat tumbuhnya mikroba dalam tanah. Mikroba tersebut akan mempercepat proses rhizofiltrasi.

Logam dalam bentuk ion-ion logam dapat larut dalam lemak dan mampu melakukan penetrasi pada membran sel, sehingga ion logam akan terakumulasi di dalam sel dan jaringan. Logam dapat masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator, sehingga reaksi kimia di sel akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tumbuhan (Haryati, dkk., 2012).

Sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dan jaringan, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Priyanto dan Prayitno, 2004). Adanya akumulasi logam merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan, dengan mengumpulkan dalam satu organ (Heriyanto dan Endro, 2011). Dalam sel tumbuhan logam melewati plasmalema, sitoplasma, dan vakuola, dimana logam akan dilokalisasi/terakumulasi dalam vakuola. Bagian vakuola menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tumbuhan (Priyanto dan Prayitno, 2004). Sehingga logam tidak akan berhubungan dengan proses fisiologi sel tumbuhan. Pada jaringan akar, logam masuk korteks dan diakumulasi di dekat endodermis. Endodermis berfungsi sebagai partial barrier terhadap pemindahan logam dari akar (Siswanto, 2009). Hal ini yang diduga sebagai salah satu alasan adanya akumulasi logam lebih besar di akar.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian menunjukkan bahwa *Coix lacryma-jobi* termasuk tumbuhan akumulator dengan nilai translokasi faktor 1,07 Konsentrasi logam Pb yang ditemukan di akar 8.197 ppm, batang 242 ppm dan daun 274 ppm. Sedangkan konsentrasi logam Cd yang ditemukan pada akar 194 ppm, batang 4 ppm dan daun 6 ppm. Sehingga fitoforensik untuk logam Pb dan Cd pada tumbuhan jali terletak di akar.

Dari penelitian ini dapat dikembangkan penelitian terkait fitoteknologi, seperti fitoremediasi, menggunakan jenis tumbuhan jeruju dengan zat pencemar atau konsentrasi limbah yang berbeda,

juga dengan umur dan jumlah individu yang berbeda.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Panitia Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Berkelanjutan – UNS Surakarta atas kesempatannya, juga kepada dosen dan laboran TL-ITS, serta kepada teknisi Biji KRP-LIPI atas segala bantuannya. Tak lupa pula kepada Program Karyasiswa Kemenristek.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Allowey, B.J. & D.C. Ayres. (1997). *Chemical Principles of Environmental Pollution* (2<sup>nd</sup> Ed). London: Blackie Academic and Profesional Chapman and Hill.
- Anonim. (1995). *Medical Herb Index in Indonesia*. PT. Eisai Indonesia.
- Backer, C.A. & Bakhuizen, R.C. (1963). *Flora of Java*. Netherlands: The Rijksherbarium.
- Baker, A.J.M. & Brooks, R.R. (1989). Terrestrial Higher Plants Which Hyper Accumulate Metallic Elements-A Review of Their Distribution, Ecology and Phytochemistry. *Biorecovery*, 1, 81-126.
- Burken, J.G., Vroblesky, D.A., & Balouet, J.C. (2011). Phytoforensics, Dendrochemistry, and Phytoscreening: New Green Tools for Delineating Contaminants from Past and Present. *Environmental Science and Technology*, 45, 6218-6226.
- Dalimartha, S. (2008). *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Vol. 5. Jakarta: Pustaka Bunda.
- Grubben, G.J.H. & Partohardjono, S. (1996). *Plant Resources of South-East Asia No. 10: Cereal*. Bogor: PROSEA Foundation.
- Haryati, M., Purnomo, T., & Kuntjoro, S. (2012). Kemampuan Tanaman Genjer (*Limncharis Flava* (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *Lateral Bio*, 1 (3).
- Heriyanto, N.M. & Endro, S. (2011). *Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-Jenis Mangrove*. Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi.
- Hidayah, A.N. (2010). *Penyisihan Polutan Greywater Dengan Free Water Surface Construced Wetland*. Unpublished thesis, Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Irawanto, R. (2014). Kemampuan Tumbuhan Akuatik (*Acanthus ilicifolius* dan *Coix lacryma-jobi*) Terhadap Logam Berat (Pb dan



- Cd). *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana XIV – ITS Surabaya*.
- Irwan, A., Noer, K., & Yenny, E. (2008). *Kajian Penyerapan Logam Cd, Ni, dan Pb Dengan Variasi Konsentrasi Pada Akar, Batang dan Daun Tanaman Bayam*. Banjarmasin: FMIPA Universitas Lambung Mangkurat.
- Knox, A.S., Seaman, J., Andriano, D.C., & Pierzynski, G. (2000). *Chemostabilization of metals in contaminated soils*. New York: Marcek Dekker Inc.
- Koh, H.L., Kian, C.T., & Tan, C.H. (2009). *A Guide to Medicinal Plants: An Illustrated, Scientific and Medicinal Approach*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Ludwig, A. (2007). *Create an Oasis with Greywater*. California: Oasis Design.
- Mangkoedihardjo, S. & Samudro, G. (2009). *Ekotoksikologi Teknosfer*. Surabaya: Guna Widya.
- Mangkoedihardjo, S. & Samudro, G. (2010). *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu.
- Neis, U. & Bittner, A. (1989). *Memfaatkan Air Limbah*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Nurmala, T. (1998). *Serealisa Sumber Karbohidrat Utama*. Jakarta, Indonesia: Rineka Cipta.
- Priyanto B., & Prayitno, J. (2004). Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat. *Jurnal Informasi Fitoremediasi*
- Rahmawati, D.E. (2003). *Estimasi Heritabilitas Dengan Metode Regresi Tetua-Turunan (Parents–Offspring Regression) dan Kemajuan Genetik Beberapa Karakter Penting Hanjeli (Coix lacryma-jobi L.) di Arjasari*. Skripsi tidak dipublikasi, Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Singh R., Singh, D.P., Narendra, K., Bhargava, S.K., & Barman, S.C. (2010). Accumulation and Translocation of Heavy Metals in Soil and Plants From Fly Ash Contaminated Area. *Journal of Environmental Biology*.
- Siswanto, D. (2009). Respon Pertumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Jagung (*Zea mays* L.) dan Kacang Tolo (*Vigna sinensis* L.) terhadap Pencemar Timbal (Pb). Malang: Universitas Brawijaya.
- Sorek, A., Atzmon, N., Dahan, O., Gerstl, Z., Kushisin, L., Laor, Y., Mingelgrin, U., Nasser, A., Ronen, D., Tsechansky, L., Weisbrod, N., & Graber, E. R. (2008). Phytoscreening : The use of trees for discovering subsurface contamination. VOCs. *Environ. Sci. Technol.*, 42(2), 536–542.
- UNEP. (2003). *Phytotechnologies Freshwater Management Series No. 7*. United Nations Environmental Programme. Retrieved from <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS7/5.asp>.
- Hardiani, H. (2009). Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *Bioscience*, 44 (1), 27-40.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid I. Bandung, Peerbit ITB.
- Raskin, I., Kumar, P.B.A.N., Dishenkov, S. & Salt, D. (1994). Bioconcentration of Heavy Metal by Plants. Current opinion, *Biotechnology*, (5), 285-290.

